

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-70-187>

УДК 330.332:338.2

# ФІНАНСОВИЙ ІНЖИНІРИНГ ЯК ЕЛЕМЕНТ МОДЕРНІЗАЦІЇ ВОДНЕВОЇ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ

## FINANCIAL ENGINEERING AS AN ELEMENT OF MODERNIZATION OF THE HYDROGEN ECONOMY OF UKRAINE

**Халатур Світлана Миколаївна**

доктор економічних наук, професор,  
Дніпровський державний аграрно-економічний університет  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8331-3341>

**Khalatur Svitlana**

Dnipro State Agrarian and Economic University

Стаття присвячена визначенню способів реалізації фінансового інжинірингу для фінансування розвитку водневої економіки в Україні. Встановлено, що основним джерелом фінансування будь-яких природоохоронних заходів і програм в Україні є екологічне оподаткування, надходження від якого недостатні для покриття відповідних витрат. Запропоновано використання Системи Торгівлі Викидами (СТВ) як основу для фінансового інжинірингу сертифікатів на викиди CO<sub>2</sub>. Впровадження Системи Торгівлі Викидами в Україні визначатиме розщеплення екологічного оподаткування та виведення із під нього оподаткування викидів CO<sub>2</sub>. Отримані шляхом фінансового інжинірингу сертифікати на викиди пропонується використовувати для фінансування Водневої стратегії України. Охарактеризовано механізм обігу сертифікатів на викиди, їх основні характеристики та підтверджено фінансову доцільність їх використання для фінансування Водневої стратегії України.

**Ключові слова:** воднева економіка, фінансовий інжиніринг, Система Торгівлі Викидами, сертифікати на викиди, квота на викиди, вартість сертифікату, Воднева стратегія України.

Modern trends in social development involve the transformation of the energy sector towards decarbonization of the economy. In addition to “green energy”, the production potential of which is constrained by natural factors, the development of the hydrogen economy is a tool for decarbonization of the energy sector. However, both energy and hydrogen production technologies are high-cost, the financial efficiency of investments in them is low, which limits the attraction of private capital to their financing. Financial engineering makes it possible to create synthetic financial instruments, the use of which significantly improves the financing of the development of the hydrogen economy in conditions of a shortage of financial resources. The purpose of the article is to determine the methods of implementing financial engineering to finance the development of the hydrogen economy in Ukraine. To achieve the goal, general and special methods of scientific research were used: abstraction, generalization, analysis, synthesis, construction, extrapolation. The results of the study showed that the main source of financing of any environmental protection measures and programs in Ukraine is environmental taxation, the revenues from which are insufficient to cover the corresponding costs. Additional budget financing for the development of the hydrogen economy is impossible due to the shortage of funds in the budget of Ukraine. In world practice, the Emissions Trading System (ETS) is widely used to finance environmental costs together with environmental taxation, which is proposed to be used for financial engineering of CO<sub>2</sub> emission certificates. The implementation of the Emissions Trading System in Ukraine will determine the splitting of environmental taxation and the removal of CO<sub>2</sub> emission taxation from it. It is proposed to use emission certificates obtained through financial engineering to finance the Hydrogen Strategy of Ukraine. The mechanism for the formation and use of emission certificates and their main characteristics are described. The financial feasibility of the emission certificates issue and their use to finance the Hydrogen Strategy of Ukraine is confirmed.

**Keywords:** hydrogen economy, financial engineering, Emissions Trading System, emission certificates, emission quota, certificate value, Hydrogen Strategy of Ukraine.

**Постановка проблеми.** Одним із сучасних трендів суспільного розвитку є поступовий перехід до шостого технологічного укладу, коли домінування складних виробничих процесів стає безумовним навіть для країн третього світу. При цьому інтеграція сучасних наукових досягнень відбувається як у високотехнологічні виробництва, так і у базові галузі, такі як сільське господарство, видобувна промисловість, будівництво тощо. Енергетика також стоїть нині перед одним із таких перетворень, яке призведе до суттєвих змін у самому процесі суспільного виробництва, його економічної та фінансової ефективності, екологічних та соціально-культурних наслідків. Мова йде про розвиток так званої «водневої економіки», яку Дж. Бокріс визначив як побудовану на використанні водню як енергетичного ресурсу тривалого зберігання [1]. Однак на шляху становлення водневої економіки постає багато перепон, перш за все пов'язаних із технологічними труднощами. Водень є специфічним енергетичним ресурсом, доступність якого є позірною, а використання подолання низки технічних та технологічних проблем, що може ґрунтуватися не тільки на прикладних, а й на фундаментальних дослідженнях. Крім того, використання водню як енергетичного ресурсу передбачає розбудову відповідної інфраструктури та допоміжного обладнання. Відповідно, розвиток водневих технологій та їх інтеграція у суспільне виробництво визначає необхідність пошуку значних фінансових ресурсів, рентабельність використання яких є вкрай низькою.

Одночасно розвиток водневої економіки з огляду на її вплив на екологію є необхідною альтернативою якій наразі немає. Зростаюче демографічне навантаження та тиск суспільного виробництва посилюють карбонізацію планети, формують негативні екологічні ефекти, вплив яких ми відчуваємо все сильніше. Не випадково ООН до 17 найбільш важливих цілей сталого розвитку зараховує боротьбу із змінами клімату та розвиток чистої енергетики [2]. Розвиток «зеленої енергетики» є важливим, але недостатнім напрямом декарбонізації суспільного виробництва, розбудова ж водневої економіки дасть змогу принципово змінити його технологічні засади. Крім того, вуглецеві та вуглеводні джерела енергії поступово вичерпуються, подолання їх дефіциту та нестабільність на відповідних ринках також стимулюють до розвитку водневої економіки. Отож постає необхідність фінансово забезпечити розвиток водневої

економіки задля стратегічних перспектив подальшого економічного зростання.

Україна в контексті розвитку водневої економіки знаходиться в унікальному становищі. Агресивна війна з росією призвела до руйнування значної частки енергетичних потужностей, відновлення яких при збереженні системних геополітичних загроз не є доцільним. Водночас забезпечення енергетичної безпеки країни є одним із стратегічних пріоритетів безпекової політики загалом. Раціональною здається розбудова розподіленої енергетичної системи із переважанням низьковуглецевих технологій. Розвиток «зеленої енергетики» є необхідною передумовою реалізації водневої стратегії [3], фінансування яких наразі обмежене у зв'язку із дефіцитом фінансових ресурсів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Починаючи із 70-х років ХХ сторіччя воднева економіка стає предметом все більш чисельних наукових досліджень, переважно технічного характеру. Разом із тим існує і значна частка публікацій, що пов'язують розвиток водневої економіки із стратегічними пріоритетами суспільного розвитку загалом. Цікавим є той факт, що інтенсивність наукових публікацій із розвитку водневих технологій є тим більшою, чим вищими та нестабільнішими є ціни на ринку нафти та інших енергоносіїв [4]. В цілому економічні дослідження, які стосувались розвитку водневої економіки були достатньо різноспрямованими. Так, Н. Браун, М. Мішель [5], М. Борап, К. Конрад, Х. Ван Летте [6] досліджували менеджмент та соціологію розвитку водневої економіки, Дж. Джонс [7] – фінансову доцільність її розвитку, Дж. О. Бокріс, Т. Н. Везиреглі [8], Дж. Яап, Б. Мак Леллан [4] – економічні та фінансові аспекти впровадження похідних водневих технологій, К. В. Бьєркен, М. Райго, Т. М. Скайволд [9] – економіку розвитку водневої інфраструктури. Серед українських дослідників питанням розвитку водневої економіки приділили увагу О. О. Зеленько, Т. Г. Гуцан, І. В. Осьмірко [10], О. А. Шрайбер, В. В. Дубровський, О. І. Тесленко [11], С. О. Федулова [12], Г. В. Мисків, Р. Я. Іваницький [13]. Значна кількість публікацій стосується практичних засад становлення та розвитку водневої економіки, які публікують наддержавні інституції: ООН, Світовий Банк, Європейська Комісія тощо. У переважній більшості таких публікацій відзначається відставання від досягнення визначених програмних цілей та недостатність фінансування

розвитку водневої економіки. З огляду на це практики Світового банку зазначають необхідність диверсифікації джерел фінансових ресурсів – від емісії цільових облігацій до емісії віртуальних валют. У більшості праць зазначається тільки перелік засобів фінансового інжинірингу, які можна використати для фінансування розвитку водневої економіки, коли існує потреба у їх теоретичному, методологічному та розрахунковому обґрунтуванні.

Відтак, метою статті є визначення способів реалізації фінансового інжинірингу для фінансування розвитку водневої економіки в Україні.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Фінансування водневої економіки є одним із найбільш проблемних аспектів її розвитку. Як правило, постає питання залучення надзвичайно великого обсягу фінансових ресурсів, ефективність використання яких є сумнівною як з точки зору забезпечення прибутковості, так із точки зору впровадження водневих технологій у практику господарювання. Існує низка технологічних проблем розвитку водневої економіки, вирішення яких неможливе найближчого часу. Зокрема, існуючі водневі технології є вартісними та невідповідними саме з фінансової точки зору, відтак спроможності держави щодо фінансування розвитку водневої економіки обмежені. У європейській практиці для фінансування розвитку водневої економіки використовується ціла низка інструментів: цільове фінансування з бюджету ЄС, надання бюджетних гарантій, партнерське фінансування, пільгове кредитування, фінансування за рахунок утворення цільових фондів, державне фінансування за національними програмами тощо [14]. Всього в Європі існує шістнадцять програм фінансування розвитку водневої економіки, спрямованих на розвиток водневої інфраструктури, розвиток водневих технологій та водневих технологічних ланцюжків, інноваційні розробки та впровадження, підготовку ринків споживання та соціального середовища [15]. Зокрема, тільки підтримка водневих програм з боку уряду ЄС складає 145 млрд. євро, а загальні витрати на розвиток водневої економіки до 2050 р. – 430 млрд. євро [16]. Разом із тим, у Європі кількість потенційних інвесторів навіть для утворення державно-приватного партнерства є незначною, зважаючи на високі ризики втрати капіталу та зростання періоду окупності інвестицій. Отож збільшується кількість пропозицій залучення ресурсів з фондового ринку із утворенням специфічних

фінансових інструментів для фінансування розвитку водневої економіки [17] із застосуванням фінансового інжинірингу. Власне, більшість експертів із водневої економіки визнають, що без залучення специфічних фінансових інструментів та фінансового інжинірингу завжди буде недостатнім.

Єдиний позитивний та негайний ефект від розвитку водневої економіки очікується у царині впливу на екологію – у частині зменшення викидів CO<sub>2</sub>. Тому не випадково джерела фінансування розвитку водневої економіки розглядають у контексті СТВ (Системи Торгівлі Викидами) [18]. І найпершим способом застосування фінансового інжинірингу є інтеграція до системи торгівлі викидами. Загалом існує два основні підходи щодо отримання фінансової компенсації за забруднення атмосфери викидами CO<sub>2</sub>:

- екологічний податок, сума надходжень з якого спрямовується на протидію забрудненням та розвиток інноваційних технологій;
- система торгівлі викидами, коли держава в межах своєї національної квоти встановлює систему торгівлі квотами для окремих виробників. Отримані кошти спрямовуються на розвиток низьковуглецевих, в тому числі, водневих, технологій.

В Україні реалізується перший підхід щодо отримання компенсації за нанесення екологічної шкоди, причому ціна однієї тони викидів CO<sub>2</sub> є однією з найнижчих у світі. Відтак отримуваних надходжень від справляння екологічного податку недостатньо навіть для компенсації екологічної шкоди, а не тільки для розвитку водневих технологій. Нижче показано ефективність справляння екологічного податку в Україні протягом 2011–2023 рр. (рисунок 1). За період 2011–2023 рр. тільки один раз спостерігалось позитивне сальдо руху грошових коштів між триманням надходжень від справляння екологічного податку та витратами на охорону навколишнього середовища – у 2014 році, що засвідчує неефективність екологічного оподаткування.

При цьому оцінка вартості викидів CO<sub>2</sub> може бути тільки умовною: ні витратний, ні результатний підхід не будуть дієвими. Витрати на відшкодування шкоди від забруднення CO<sub>2</sub> не можуть бути оцінені, оскільки наразі не функціонує жодна державна програма, пов'язана із протидією забрудненням від викидів CO<sub>2</sub>. Так само фінансовий ефект від зменшення кількості викидів CO<sub>2</sub> не підлягає оцінці, оскільки практичних заходів щодо їх зменшення не відбувається. Також пов'язано із війною навпаки



**Рис. 1. Фінансова ефективність справляння екологічного податку**

*Джерело: розраховано автором за даними [19]*

відбулось збільшення таких викидів. При застосуванні умовної оцінки вартості викидів CO<sub>2</sub>, якщо припустити, що всі надходження від справляння екологічного податку пов'язані саме із викидами CO<sub>2</sub>, то вартість 1 т. викидів в Україні становила: у 2011 р. – 9,89 грн., у 2012 р. – 12,42 грн., у 2013 р. – 17,26 грн., у 2014 р. – 25,03 грн., у 2015 р. – 16,69 грн., у 2016 р. – 28,67 грн., у 2017 р. – 31,70 грн., у 2018 р. – 32,70 грн., у 2019 р. – 4,38 грн., у 2020 р. – 40,92 грн., у 2021р. – 41,56 грн. (за даними [20]). За 2022–2023 рр. розрахунки не проводились, бо у зв'язку із воєнними діями обсяг викидів не піддається оцінці. В Україні ставка екологічного податку за викиди CO<sub>2</sub> на 01.01.2025 р. становить 96,99 грн./т. [21], в той же час у Європі ринкова вартість квоти на викиди CO<sub>2</sub> на листопад 2024 р. становила 86,7 \$/т. [22].

Зважаючи на недостатню ефективність екологічного оподаткування як у формуванні централізованих фондів фінансових ресурсів, достатніх як для подолання екологічної шкоди, так і у протидії її нанесенню, у Європі здійснюється поступовий відхід від нього, вірніше поєднання екологічного оподаткування із торгівлею квотами. У контексті інтеграції України до Європейського Союзу одним із напрямів узгодження національного законодавства із європейським є формування спільного правового поля і приєд-

нання України до Системи Торгівлі Викидами. Система Торгівлі Викидами, що тільки має налагоджуватись в Україні, є одним із найбільш привабливих об'єктів фінансового інжинірингу.

Застосування самого фінансового інжинірингу до Системи Торгівлі Квотами можливе тільки за умови значних попередніх кроків:

- моніторингу та оцінки обсягу викидів CO<sub>2</sub> як за окремими виробниками, так і в національному масштабі;

- формування нормативно-правової бази, необхідної для побудови Системи Торгівлі Викидами (оцінка обсягу безоплатних квот, обсягу оплатних квот, принципів розподілу безоплатних квот, системи заявок підприємств на отримання безоплатних оплатних квот, викупу оплатних квот в межах національної квоти – за ринковими цінами, купівлі оплатних квот понад національну квоту – на засадах аукціону, документарне оформлення оплатних квот, способи ринкової торгівлі оплатними квотами, оператори торгівлі оплатними квотами, депонування оплатних квот та їх погашення; система фінансових санкцій за перевищення обсягу викидів понад отримані чи придбані викиди тощо);

- удосконалення нормативно-правової екологічного оподаткування, зокрема, виключення викидів CO<sub>2</sub> із переліку викидів, які підлягають екологічному оподаткуванню;

– побудова фінансової інфраструктури, яка буде забезпечувати функціонування Системи Торгівлі Викидами. На цьому етапі і починають застосовуватись інструменти фінансового інжинірингу;

– емісія сертифікатів оплатних квот на викиди CO<sub>2</sub> та налагодження торгівлі ними.

Функціонування Системи Торгівлі Викидами в Україні, яка може стати основою інжинірингу сертифікатів оплатних квот на викиди CO<sub>2</sub>, пропонується організувати наступним чином (рисунок 2):

– визначається обсяг безоплатних та оплатних квот в межах національної квоти на викиди CO<sub>2</sub>, одночасно збираються заявки підприємств на отримання безоплатних квот, провадиться емісія сертифікатів на отримання безоплатних квот та їх розподіл. Сертифікати не матимуть форми контракту, але обсяг безоплатної квоти у кожному окремому сертифікаті має бути стандартизовано. Період обігу такого сертифікату становитиме 1 рік;

– збираються заявки підприємств на отримання оплатних квот, визначається обсяг оплатних квот в межах національної квоти, провадиться емісія сертифікатів на оплатні квоти викидів;

– формуються пропозиції щодо обсягу оплатних квот викидів в межах національної квоти, визначається ціна оплати сертифікатів (на рівні середньорічної ринкової вартості оплатних квот на ринку ЄС у попередньому році), підприємствам надсилаються пропозиції щодо пропонованих квот. Сертифікати на отримання оплатних квот на викиди в межах національної квоти повинні бути стандартизовані, мати форму контракту та фіксовану вартість, період обігу сертифікату становитиме 1 рік. Емітентом таких сертифікатів виступатиме держава в особі Кабінету Міністрів України;

– підприємства оплачують отримання сертифікатів на оплатні квоти викидів в обмежений термін та отримують їх. У випадку, якщо

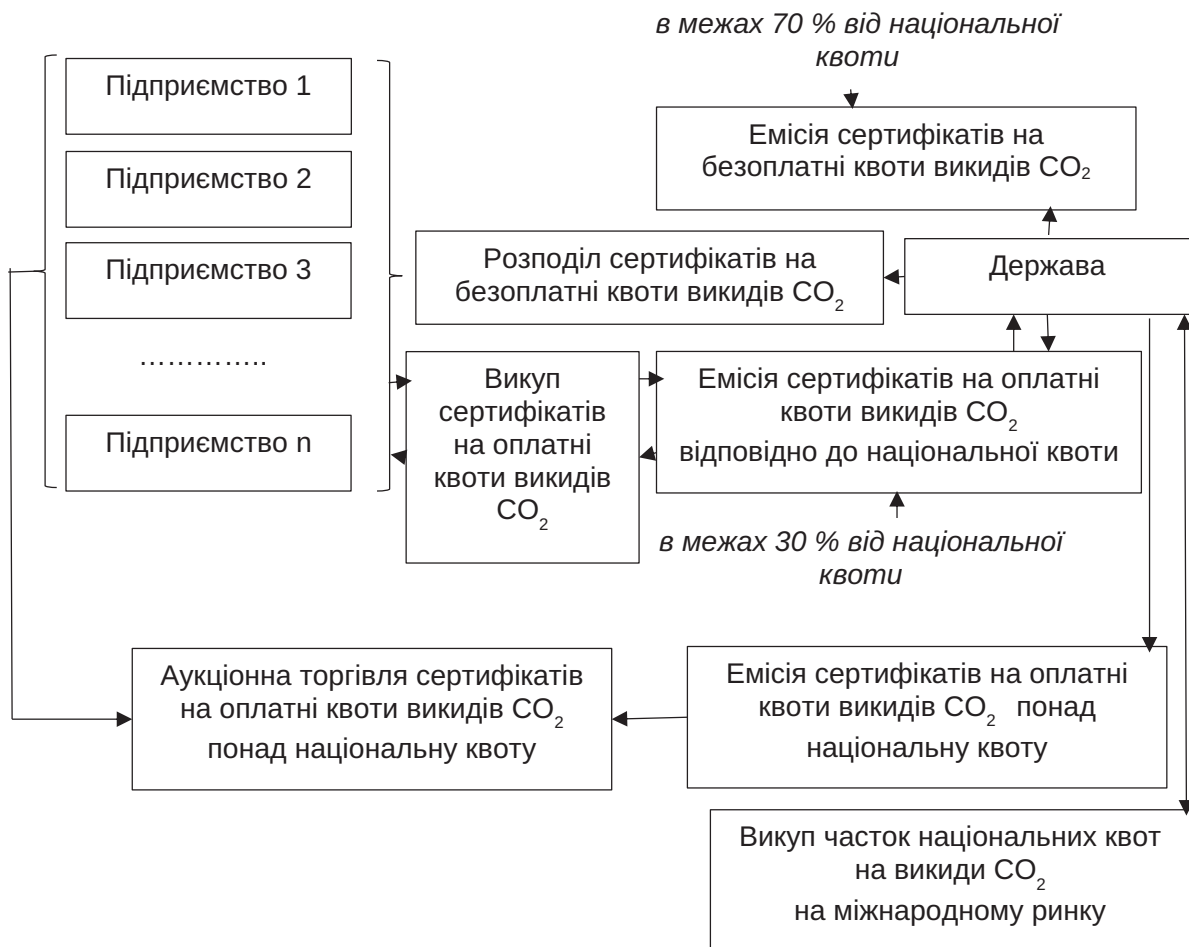


Рис. 2. Основи інжинірингу сертифікатів на викиди CO<sub>2</sub> в національній Системі Торгівлі Викидами

Джерело: розроблено автором

частина сертифікатів не викуповуються, такі сертифікати погашаються, відповідний обсяг викидів враховується при визначенні параметрів сертифікатів на викиди CO<sub>2</sub> понад національну квоту;

– визначається обсяг оплатних квот на викиди CO<sub>2</sub> понад національну квоту як різниця між обсягом поданих заявок та національною квотою. Цей обсяг зменшується на обсяг невикуплених сертифікатів оплатних квот в межах національної квоти. Держава викуповує на міжнародному ринку частини національних квот на викиди тих країн, які не вибирають свої квоти в повному обсязі;

– проводиться емісія сертифікатів на оплатні квоти понад національну квоту. Такі сертифікати також матимуть форму стандартизованого контракту, але їх ціна не буде фіксованою. Існуватиме тільки ціна відкриття, яка визначатиметься витратами держави на придбання квот та трансакційними витратами. Період обігу таких сертифікатів буде меншим року – до кінця календарного року, в якому діятиме сертифікат;

– проводяться аукціонні торги щодо продажу оплатних квот на викиди понад національну квоту. Такі торги можуть бути організовані на фондових біржах як спеціалізовані, причому підприємства, які подавали заявки, в обов'язковому порядку заздалегідь повідомляються про проведення торгів, ціну відкриття та загальний обсяг сертифікатів, які виводяться на торги. Також можливою є організація спеціалізованої біржі, засновником якої може бути як держава (в особі Національного банку України), так і приватні інвестори. Невикуплені сертифікати депонуються. Періодично проводяться повторні торги сертифікатами;

– наприкінці календарного року всі сертифікати на оплатні квоти викидів CO<sub>2</sub> погашаються без компенсації витрат підприємств за невикористану частину квоти. Підприємства здають звітність щодо здійснених обсягів викидів, отриманих та придбаних сертифікатів, визначаються фінансові санкції щодо перевищення фактичних обсягів викидів понад обсяг отриманих квот.

У такій системі торгівлі викидами утворюються специфічні цінні папери, який за своїми властивостями є ф'ючерсами та можуть бути окремим об'єктом торгів. Інжиніринг таких паперів дає змогу вільно оперувати їх вартістю та одночасно посилить обсяг надходжень до бюджету. Ці надходження повністю або у певній пропорції спрямовуються на декарбоні-

зацію суспільного виробництва, в тому числі на розвиток водневих технологій. Натомість підприємства стають більш зацікавленими у зменшенні обсягу викидів CO<sub>2</sub> та отримують додаткові фінансові інструменти, які можуть використати, у тому рахунку, на поповнення своїх фінансових ресурсів.

Використання Системи Торгівлі Викидами для фінансування розвитку водневої економіки є фінансово доцільним. Наприклад, за даними Укрстату обсяг викидів CO<sub>2</sub> в Україні за 2021 р. становила 144,1 млн. т [20]. Якщо встановлена частка оплатних квот на викиди в межах національної квоти України становитиме 30 % (в Європі обсяг торгівлі квотами складає приблизно 38 % від загального обсягу викидів [23]), то вартість оплатних квот складатиме 3748 млн. дол. США на рік при середньорічній вартості квоти 86,7 \$/ т (за курсом НБУ 41,97 грн./дол. на 24. 01. 2025 р. [24]). Надходження від Системи Торгівлі Викидами, після погашення трансакційних витрат, можна спрямувати на реалізацію вітчизняних програм із розбудови водневої економіки. Зазначимо, що загальні потреби на реалізацію Водневої стратегії України оцінюються у 20,92 млрд. дол. США, тривалість реалізації стратегії наразі складає 25 років [3]. Отож отримати від Системи Торгівлі Викидами Україна може 74,96 млрд. дол. США (оскільки впровадження Системи Торгівлі Викидами повинно мати досить тривалий підготовчий етап – не менш як п'ять років, то очікувані надходження розраховано за період у 20 років), що є цілком достатнім для реалізації Водневої стратегії у її сучасному виді. Звичайно, на початку функціонування СТВ надходження будуть значно меншими, однак і витрати на розвиток водневої економіки на першому етапі реалізації Водневої стратегії також є порівняно невисокими.

**Висновки.** Розвиток водневої економіки в Україні є нагальною потребою, зважаючи на існуючі світові тренди та враховуючи суттєві руйнування в енергетичному секторі внаслідок воєнної агресії росії. Водночас у світовій практиці залучення приватних інвесторів для фінансування вартісних водневих технологій займає незначну частку порівняно із централізованими джерелами фінансових ресурсів. В Україні наразі існує гострий дефіцит фінансових ресурсів, як у держави, так і у приватних інвесторів, тому фінансування розвитку водневих технологій утруднене. Існує фінансова доцільність розщеплення екологічного оподаткування та виведення із під нього опо-

даткування забруднення атмосферного повітря викидами CO<sub>2</sub>, оскільки фінансова ефективність екологічного податку є від'ємною. Натомість пропонується впровадження в Україні Системи Торгівлі Викидами (СТВ), як це робиться у значній кількості країн Європи. Організація СТВ доцільна на основі фінансового інжинірингу сертифікатів на викиди. Такі сертифікати пропонується створювати трьох видів: безоплатні (сумарний обсяг викидів за якими може бути до 70 % національної квоти); оплатні в межах національної квоти (до 30 % обсягу викидів в межах національної квоти); оплатні понад національну квоту (за умови придбання на зовнішньому ринку часток національних квот інших країн). За своїм змістом сертифікати на викиди є ф'ючерсними контрактами із терміном обігу 9 місяців – 1 рік та стандартизованим обсягом. В залежності від виду сертифікату його вартість пропонується визначати на основі ринкової вартості викидів на європейському ринку або на основі аукціонних торгів. Як цінні папери контракти можуть і повинні мати вільний обіг на ринку.

Оцінка фінансового потенціалу СТВ в Україні із формуванням ринку сертифікатів на викиди, враховуючи останні історичні дані щодо обсягу викидів та ринкової вартості викидів у Європі, дає змогу констатувати достатність використання 30 % надходжень для повного фінансування Водневої стратегії України до 2050 року. Використання інших засобів фінансового інжинірингу (контрактів на поставку, облігацій на створення водневої інфраструктури тощо) доцільне за умови досягнення певного рівня виробництва «зеленого водню» та налагодження технологічної взаємодії з ЄС щодо водневої економіки.

Таким чином, фінансовий інжиніринг може стати основним способом забезпечення розвитку водневої економіки в Україні. Однак існує потреба у детальному методологічному та розрахунковому обґрунтуванні застосування кожного нового фінансового інструменту для фінансування розвитку водневої економіки, що й може бути предметом наступних розвідок.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Bockris J. O. M. (1972) A hydrogen economy. *Science*. 176, 4041. 1323. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.176.4041.1323>.
2. 17 цілей сталого розвитку. Глобальний договір ООН в Україні. Available at: <https://globalcompact.org.ua/tsili-stijkogo-rozvytku/> (accessed 17 November 2024).
3. Воднева стратегія України (на період до 2050 року, проєкт). Міністерство енергетики України. URL: <https://www.mev.gov.ua/sites/default/files/field/file/vodneva-strategiya17.05.2024.pdf> (дата звернення: 17.08.2024).
4. Yap J. and McLellan B. (2023) A Historical Analysis of Hydrogen Economy Research, Development, and Expectations, 1972 to 2020. *Environments*, 10(1), 11. DOI: <https://doi.org/10.3390/environments10010011>.
5. Brown N., Michael M. (2003) A Sociology of Expectations: Retrospecting Prospects and Prospecting Retrospects. *Technology Analysis & Strategic Management*. 15, 3–18. DOI: <https://doi.org/10.1080/0953732032000046024>
6. Borup M., Brown N., Konrad K., Van Lente H. (2006) The sociology of expectations in science and technology. *Technology Analysis & Strategic Management*. 18, 285–298. DOI: <https://doi.org/10.1080/09537320600777002>.
7. Jonas J. (2009) The History of Hydroge. URL: <https://www.altenergymag.com/article/2009/04/the-history-of-hydrogen/555/> (accessed on 03 October 2024).
8. Bockris J. O. N., Vezirođlu T. N. A solar-hydrogen economy for U.S.A. *International Journal of Hydrogen Energy*. 8, 5. 323–340. DOI: [https://doi.org/10.1016/0360-3199\(83\)90048-4](https://doi.org/10.1016/0360-3199(83)90048-4).
9. Bjerkan K. Y., Ryghaug M., Skjølvold T. M. (2021) Actors in energy transitions. Transformative potentials at the intersection between Norwegian port and transport systems. *Energy Research & Social Science*. 72. 101868. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101868>.
10. Зеленько О. О., Гуцан Т. Г., Осьмірко І. В. Воднева енергетика та перспективи її розвитку в економіці України. *Бізнес-інформ*. 2022. № 8. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2022-8-20-26/>
11. Шрайбер О. А., Дубровський В. В., Тесленко О. І. Сучасний стан і перспективи розвитку водневої енергетики у світі. *Вчені записки ТНУ ім.В. І. Вернадського. Серія «Технічні науки»*. 2021. Т. 32 (71). С. 199–209. DOI: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.5/30>.
12. Федулова С. О. Потенціал водневої економіки та низьковуглецевий розвиток. *Наука, технології, інновації*. 2024. № 1. С. 3–7. DOI: <http://doi.org/10.35668/2520-6524-2024-1-01/>
13. Мисків Г. В., Іваницький Р. Я. Зелений водень як основа для водневої економіки. *Наукові інновації та передові технології*. 2024. № 1. DOI: [http://doi.org/10.52058/2786-5274-2024-1\(29\)-508-519](http://doi.org/10.52058/2786-5274-2024-1(29)-508-519)

14. Financial Tools and Incentives. European Hydrogen Observatory. URL: <https://observatory.clean-hydrogen.europa.eu/hydrogen-landscape/financial-tools-and-incentives#:~:text=The%20European%20Commission%20estimates%20that,required%20for%20core%20hydrogen%20infrastructure>
15. Халатур С. М., Довгаль О. В. Фінансові інструменти забезпечення розвитку водневої економіки: європейський досвід для України. *Інвестиції: практика та досвід*. 2024. № 23. С. 7–13. DOI: 10.32702/2306-6814.2024.23.7
16. Халатур С. М. Фінансова складова стратегії розбудови водневої економіки України. *Вчені записки*. 2024. № 36(3). С. 242–253. [http://doi.org/10.33111/vz\\_kneu.36.24.03.21.145.151](http://doi.org/10.33111/vz_kneu.36.24.03.21.145.151)
17. Clean Hydrogen Monitor. URL: [https://hydrogeneurope.eu/wp-content/uploads/2022/10/Clean\\_Hydrogen\\_Monitor\\_10-2022\\_DIGITAL.pdf](https://hydrogeneurope.eu/wp-content/uploads/2022/10/Clean_Hydrogen_Monitor_10-2022_DIGITAL.pdf)
18. Торгівля квотами на викиди на практиці. Міжнародний банк реконструкції та розвитку. Світовий банк. URL: [https://icarbonaction.com/system/files/document/ets\\_handbook\\_ukr.pdf](https://icarbonaction.com/system/files/document/ets_handbook_ukr.pdf)
19. Зведений бюджет України. Макроекономічні показники. Статистика. Національний банк України. URL: <https://bank.gov.ua/ua/statistic/macro-indicators>
20. Викиди забруднюючих речовин та діоксиду вуглецю в атмосферне повітря. Навколишнє природне середовище. Економічна статистика. Статистична інформація. Державна служба статистики України. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua>
21. Податковий Кодекс України № 2755-VI від 02. 12. 2010 р. у редакції 01. 01. 2025 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17#Text>
22. Ціна квот на викиди CO<sub>2</sub> в ЄС. Interfax Україна. 23.10.2024. URL: <https://interfax.com.ua/news/greendeal/794071.html> (дата звернення: 20.11.2024).
23. Бойко О. Ринок торгівлі квотами на викиди CO<sub>2</sub> в повоєнній Україні: погляд бізнесу. Економічна правда. 12. 12. 2023. URL: <https://pravda.com.ua/columns/2023/12/12/707587/> (дата звернення – 14. 12. 2024)
24. Офіційний курс гривні щодо іноземних валют. Фінансові ринки. Національний банк України. URL: <https://bank.gov.ua/ua/markets/exchangerates>.

## REFERENCES:

1. Bockris J. O. M. (1972) A hydrogen economy. *Science*. 176, 4041. 1323. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.176.4041.1323>.
2. 17 Sustainable Development Goals. UN Global Compact in Ukraine. Available at: <https://globalcompact.org.ua/tsili-stijkogo-rozvytku/> (accessed 17 November 2024).
3. Hydrogen strategy of Ukraine (for the period until 2050, project). Ministry of Energy of Ukraine. Available at: <https://www.mev.gov.ua/sites/default/files/field/file/vodneva-strategiya17.05.2024.pdf> (accessed on 17 August 2024).
4. Yap J. and McLellan B. (2023) A Historical Analysis of Hydrogen Economy Research, Development, and Expectations, 1972 to 2020. *Environments*, 10(1), 11. DOI: <https://doi.org/10.3390/environments10010011>
5. Brown N., Michael M. (2003) A Sociology of Expectations: Retrospecting Prospects and Prospecting Retrospects. *Technology Analysis & Strategic Management*. 15, 3–18. DOI: <https://doi.org/10.1080/0953732032000046024>
6. Borup M., Brown N., Konrad K., Van Lente H. (2006) The sociology of expectations in science and technology. *Technology Analysis & Strategic Management*. 18, 285–298. DOI: <https://doi.org/10.1080/09537320600777002>.
7. Jonas J. (2009) The History of Hydroge. URL: <https://www.altenergymag.com/article/2009/04/the-history-of-hydrogen/555/> (accessed on 03 October 2024).
8. Bockris J. O. N., Vezirođlu T. N. A solar-hydrogen economy for U.S.A. *International Journal of Hydrogen Energy*. 8, 5. 323–340. DOI: [https://doi.org/10.1016/0360-3199\(83\)90048-4](https://doi.org/10.1016/0360-3199(83)90048-4).
9. Bjerkan K. Y., Ryghaug M., Skjølvold T. M. (2021) Actors in energy transitions. Transformative potentials at the intersection between Norwegian port and transport systems. *Energy Research & Social Science*. 72. 101868. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101868>.
10. Zelenko O. O., Hutsan T. H., Osmirko I. V. (2022) Hydrogen energy and prospects for its development in the economy of Ukraine. *Biznes-inform*. Vol. 8. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2022-8-20-26/>
11. Shraiber O. A., Dubrovskiy V. V., Teslenko O. I. (2021) The current state and prospects for the development of hydrogen energy in the world. *Vcheni zapysky TNU im. V. I. Vernadskoho. Seriya «Tekhnichni nauky»*. 32 (71), 199-209. DOI: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.5/30>.
12. Fedulova S. O. (2024) The potential of the hydrogen economy and low-carbon development. *Science, Technologies, Innovations*. 1(29), 3-8. DOI: <http://doi.org/10.35668/2520-6524-2024-1-01>



13. Myskiv H. V., Ivanytskyi R. Ya. (2024) Green hydrogen as the basis for a hydrogen economy. *Naukovi innovatsii ta peredovi tekhnolohii*. 1. DOI: [http://doi.org/10.52058/2786-5274-2024-1\(29\)-508-519](http://doi.org/10.52058/2786-5274-2024-1(29)-508-519)
14. Financial Tools and Incentives. European Hydrogen Observatory. URL: <https://observatory.clean-hydrogen.europa.eu/hydrogen-landscape/financial-tools-and-incentives#:~:text=The%20European%20Commission%20estimates%20that,required%20for%20core%20hydrogen%20infrastructure>.
15. Khalatur S. M., Dovgal O. V. (2024) Financial instruments for ensuring the development of the hydrogen economy: European experience for Ukraine. *Investments: practice and experience*. 23, 7–13. DOI: 10.32702/2306-6814.2024.23.7
16. Khalatur S. M. (2024) Financial component of the hydrogen economy development strategy of Ukraine. *Collection of Scientific Papers "Scientific Notes"*. Vol. 36(3). P. 242–253. DOI: [http://doi.org/10.33111/vz\\_kneu.36.24.03.21.145.151](http://doi.org/10.33111/vz_kneu.36.24.03.21.145.151)
17. Clean Hydrogen Monitor. URL: [https://hydrogeneurope.eu/wp-content/uploads/2022/10/Clean\\_Hydrogen\\_Monitor\\_10-2022\\_DIGITAL.pdf](https://hydrogeneurope.eu/wp-content/uploads/2022/10/Clean_Hydrogen_Monitor_10-2022_DIGITAL.pdf).
18. Emissions Trading in Practice. International Bank for Reconstruction and Development. World Bank. URL: [https://icapcarbonaction.com/system/files/document/ets\\_handbook\\_ukr.pdf](https://icapcarbonaction.com/system/files/document/ets_handbook_ukr.pdf).
19. Consolidated budget of Ukraine. Macroeconomic indicators. Statistics. National Bank of Ukraine. URL: <https://bank.gov.ua/ua/statistic/macro-indicators>.
20. Emissions of pollutants and carbon dioxide into the atmosphere. Environment. Economic statistics. Statistical information. State Statistics Service of Ukraine. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>.
21. Tax Code of Ukraine No. 2755-VI dated 02. 12. 2010 as amended on 01. 01. 2025. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17#Text>
22. The price of CO2 emission quotas in the EU. Interfax Ukraine. 23.10.2024. URL: <https://interfax.com.ua/news/greendeal/794071.html> (accessed on 11 November 2024).
23. Boiko O. The CO2 Emissions Trading Market in Post-War Ukraine: A Business Perspective. *Economic Truth*. 12. 12. 2023. URL: <https://epravda.com.ua/columns/2023/12/12/707587/> (accessed on 12 December 2024)
24. Official exchange rate of the hryvnia against foreign currencies. Financial markets. National Bank of Ukraine. URL: <https://bank.gov.ua/ua/markets/exchangerates>.